

GaP EPITAXIAL WAFER AND GaP LIGHT EMITTING ELEMENT

Patent number: JP2005236048 (A)

Publication date: 2005-09-02

Inventor(s): NAKAMURA AKIO; MOGI ISAMU; YOSHIDA YUJI

Applicant(s): SHINETSU HANDOTAI KK

Classification:


- **international:** *H01L33/00; H01L21/208*; H01L33/00; H01L21/02; (IPC1-7): H01L33/00; H01L21/208

- **european:**

Application number: JP20040043535 20040219

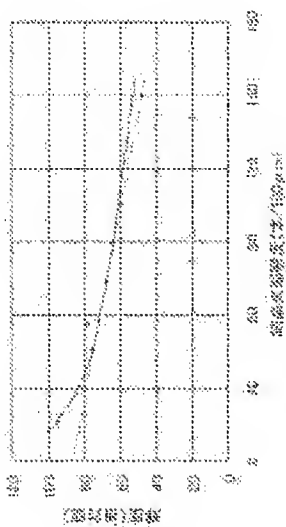
Priority number(s): JP20040043535 20040219

Also published as:

 CN1658406 (A)

Abstract of JP 2005236048 (A)

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a GaP epitaxial wafer which can provide higher luminance and a GaP light emitting element using the same wafer. ; **SOLUTION:** In this GaP epitaxial wafer 3, an n-type GaP buffer layer 11 is formed on the plane $\{111\}$ B of an n-type GaP single crystal substrate 10. The number of comb type crystal defects which are observed at the n-type GaP buffer layer 11 when the $\{01\bar{1}\}$ cleaved surface is selectively etched and extending crossing with the growth interface of the n-type GaP buffer layer 11 is 30 or less per 100 [μ m] at the growth interface. The GaP light emitting element 1 manufactured using this GaP epitaxial wafer 3 assures higher luminance. ; **COPYRIGHT:** (C)2005,JPO&NCIP



.....
Data supplied from the *esp@cenet* database — Worldwide

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-236048

(P2005-236048A)

(43) 公開日 平成17年9月2日(2005.9.2)

(51) Int. Cl.⁷

F I

テーマコード(参考)

H 0 1 L 33/00

H 0 1 L 33/00

B

5 F 0 4 1

H 0 1 L 21/208

H 0 1 L 21/208

S

5 F 0 5 3

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2004-43535 (P2004-43535)

(22) 出願日 平成16年2月19日(2004.2.19)

(71) 出願人 000190149

信越半導体株式会社

東京都千代田区丸の内1丁目4番2号

(74) 代理人 100095751

弁理士 菅原 正倫

(72) 発明者 中村 秋夫

群馬県安中市磯部二丁目13番1号 信越半導体株式会社磯部工場内

(72) 発明者 茂木 勇

群馬県安中市磯部二丁目13番1号 信越半導体株式会社磯部工場内

(72) 発明者 吉田 裕二

群馬県安中市磯部二丁目13番1号 信越半導体株式会社磯部工場内

Fターム(参考) 5F041 AA03 CA37 CA63 CA74

最終頁に続く

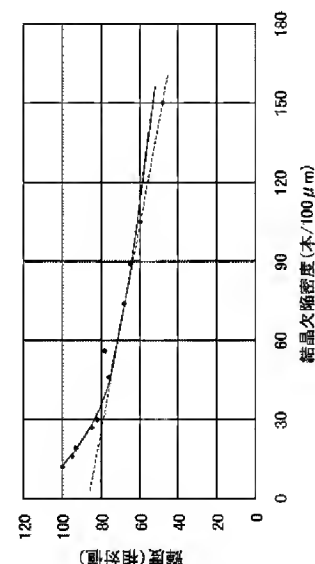
(54) 【発明の名称】 GaPエピタキシャルウェーハおよびGaP発光素子

(57) 【要約】

【課題】 より高い輝度を得ることが可能となるGaPエピタキシャルウェーハおよびそれを用いたGaP発光素子を提供する。

【解決手段】 本発明のGaPエピタキシャルウェーハ3は、n型GaP単結晶基板10の{111}B面に、n型GaPバッファ層11が形成されたGaPエピタキシャルウェーハであり、{01-1}へき開面を選択エッチングしたときにn型GaPバッファ層11に観察され、n型GaPバッファ層11の成長界面に平行な面と交差して延びる櫛歯状の結晶欠陥の本数が、成長界面において100μmあたり30本以下である。このGaPエピタキシャルウェーハ3を用いて作製されたGaP発光素子1は、輝度が高い。

【選択図】 図6



【特許請求の範囲】

【請求項1】

n型GaP単結晶基板の{111}B面に、n型GaP層が形成されたGaPエピタキシャルウェーハにおいて、{01-1}へき開面を選択エッチングしたときに前記n型GaP層に観察され、該n型GaP層の成長界面に平行な面と交差して延びる櫛歯状の結晶欠陥の本数が、前記成長界面において、100 μ mあたり30本以下であることを特徴とするGaPエピタキシャルウェーハ。

【請求項2】

n型GaP単結晶基板の{111}B面に、複数のn型GaP層と、少なくとも1層のp型GaP層とが積層されてなるGaP発光素子において、{01-1}へき開面を選択エッチングしたときに、前記複数のn型GaP層のうち、前記n型GaP単結晶基板に接する結晶性改善層に観察され、該結晶性改善層の成長界面に平行な面と交差して延びる櫛歯状の結晶欠陥の本数が、前記成長界面において、100 μ mあたり30本以下であることを特徴とするGaP発光素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、GaPエピタキシャルウェーハおよびGaP発光素子に関するものである。

【背景技術】

【0002】

発光ダイオード等の発光素子は、通常、化合物半導体基板上に複数の化合物半導体層を積層してp-n接合を有する多層化合物半導体ウェーハを作製し、これを素子化することによって得られる。従来から、赤色系や緑色系の化合物半導体発光素子には、GaP（燐化ガリウム）単結晶基板上にGaPエピタキシャル層を形成したGaPエピタキシャルウェーハが使用されている。

【0003】

化合物半導体発光素子が改善すべき問題の1つに、輝度がある。化合物半導体発光素子の輝度を向上させるために、結晶欠陥の少ない良質な基板を使用する（下記特許文献1参照）、ドーパントの添加濃度を最適化する（下記特許文献2参照）など、様々な試みがなされている。

【0004】

【特許文献1】特開2000-143398号公報

【特許文献2】特開平10-294489号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、発光素子の高輝度化に対する要望は年々高まる一方であり、その要望に応えるためには、更なる改善案の検討が必要である。

【0006】

本発明は、より高い輝度を得ることが可能となるGaPエピタキシャルウェーハおよびそれを用いたGaP発光素子を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段および発明の効果】

【0007】

上記課題を解決するために本発明は、n型GaP単結晶基板の{111}B面に、n型GaP層が形成されたGaPエピタキシャルウェーハにおいて、{01-1}へき開面を選択エッチングしたときにn型GaP層に観察され、n型GaP層の成長界面に平行な面と交差して延びる櫛歯状の結晶欠陥の本数が、成長界面において、100 μ mあたり30本以下であることを特徴とする。

【0008】

また、本発明は、n型GaP単結晶基板の{111}B面に、複数のn型GaP層と、

少なくとも1層のp型GaP層とが積層されてなるGaP発光素子において、 $\{01-1\}$ へき開面を選択エッチングしたときに、複数のn型GaP層のうち、n型GaP単結晶基板に接する結晶性改善層に観察され、結晶性改善層の成長界面に平行な面と交差して延びる櫛歯状の結晶欠陥の本数が、成長界面において、 $100\mu\text{m}$ あたり30本以下であることを特徴とする。

【0009】

一般に、GaP発光素子用のGaPエピタキシャルウェーハは、GaP単結晶基板上にn型GaP結晶性改善層(n型GaPバッファ層)を有する。ところが、このような結晶性改善層の上に、p-n接合を含む発光層部を形成したにも関わらず、十分な輝度が得られない発光素子が見つかることがある。この原因を探るため、本発明者らは、発光層部を形成する前段階のGaPエピタキシャルウェーハの品質を詳しく調べた。そして、n型GaP単結晶基板の $\{111\}$ B面に、n型GaP層が形成されたGaPエピタキシャルウェーハの $\{01-1\}$ へき開面を選択エッチングしたときに、n型GaP単結晶基板に隣接したn型GaPバッファ層の成長界面に平行な面と交差して延びる櫛歯状の結晶欠陥の存在を見出した。さらに、この櫛歯状の結晶欠陥の本数と、発光輝度との相関を詳細に調べた結果、上記本発明を完成させるに至った。

【0010】

すなわち、GaP単結晶基板に隣接したn型GaP層に観察される櫛歯状の結晶欠陥の本数が、成長界面において、 $100\mu\text{m}$ あたり30本以下であるGaPエピタキシャルウェーハを用いることにより、輝度の低下が抑制されて比較的高い輝度を示す発光素子を作製することができる。櫛歯状の結晶欠陥の本数が30本を超えるGaPエピタキシャルウェーハを用いて作製した発光素子は、輝度不足となる。

【0011】

なお、GaP単結晶基板の $\{111\}$ B面は、結晶方位が $[111]$ のP充填面を表す。つまり、GaP単結晶では (111) 面をGa充填面とすると、 $(-1-1-1)$ 面がP充填面である。また、 $\{0-11\}$ へき開面は、 $(0-11)$ 、 $(01-1)$ 、 $(1-10)$ 、 (-110) 、 $(10-1)$ 、 (-101) を包含する。面指数の上付き“-”は、便宜上、数字の前に付した“-”で代用する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

以下、添付の図面を参照しつつ本発明の一実施形態について説明する。図1は、本発明のGaP発光素子の断面模式図である。GaP発光素子1は、n型GaP単結晶基板10の $\{111\}$ B面上に、n型GaPバッファ層11(結晶性改善層)、n型GaP層12、N(窒素)ドーパドn型GaP層13、p型GaP層14が積層された構造を有する。n型GaP単結晶基板10およびn型GaPバッファ層11は、本発明のGaPエピタキシャルウェーハ3を構成している。

【0013】

n型GaP単結晶基板10、n型GaPバッファ層11およびn型GaP層12には、n型ドーパントとしてたとえば珪素(Si)が添加されている。Nドーパドn型GaP層13は、p型GaP層14との間にp-n接合を形成している。Nドーパドn型GaP層13には、n型ドーパントとしてのSiと、窒素(N)がドーパされている。Nは、アイソエレクトロニックトラップとして働き、発光効率の向上に寄与する。Nのドーパ量は、要求される発光出力レベルとドミナント発光波長の値に応じて調整される。一方、p型GaP層14は、p型ドーパントとしてたとえば亜鉛(Zn)が添加されている。

【0014】

GaP発光素子1は、 $\{01-1\}$ へき開面をRC液で選択エッチングしたときにn型GaPバッファ層11に観察される櫛歯状の結晶欠陥(図4参照)の本数が、成長界面に平行な方向において、 $100\mu\text{m}$ あたり30本以下のものである。そのため、n型GaPバッファ層12の上に形成されるn型GaP層の結晶品質も良好であり、高い輝度を示す。

【0015】

次に、GaP発光素子1の製造方法について説明する。まず、LEC(Liquid Encapsulated Czochralski)法などの公知の単結晶育成法により作製されたGaP単結晶棒を切断して、n型GaP単結晶基板10を得る。n型GaP単結晶基板10は、面取り、研磨などの前処理が施されている。

【0016】

次に、図2に示すように、n型GaP単結晶基板10を成長容器20内に収容させたのち、成長容器20を回転させてn型GaP単結晶基板10をGa溶液16に接触させる。Ga溶液16は、GaP多結晶およびn型ドーパントとなるSiを溶解させた飽和溶液とされる。次に、Ga溶液16を加熱して、n型GaP単結晶基板の表面をメルトバックする。次に、GaP溶液16の温度を約 $0.2^{\circ}\text{C}/\text{min}$ の速度で徐々に下げて、Ga溶液16中に溶解しているGaPをバッファ層11としてn型GaP単結晶基板10上に析出させる。このようにして、n型GaPバッファ層11がn型GaP単結晶基板10上に形成されたGaPエピタキシャルウェーハ3(図1参照)が得られる。

【0017】

次に、結晶欠陥観察用のGaPエピタキシャルウェーハ3を成長容器20から取り出したのち、公知のRC液を用いて、 $\{01-1\}$ へき開面を選択エッチングし、櫛歯状の結晶欠陥を描出させる。RC液は、HF水溶液、 HNO_3 水溶液および AgNO_3 からなる混合水溶液である。

【0018】

続いて、RC液により選択エッチング処理を行った $\{01-1\}$ へき開面を、光学顕微鏡にて観察する。そして、n型GaPバッファ層11に観察される櫛歯状の結晶欠陥の本数を計数する。櫛歯状の結晶欠陥は、n型GaP単結晶基板10とn型GaPバッファ層11との成長界面(境界面)に平行な面と交差して延びる形態を有する。したがって、櫛歯状の結晶欠陥の密度は、 $\{01-1\}$ へき開面に現われる上記成長界面 $100\mu\text{m}$ あたりの本数で表すとよい。そして、その結果が30本以下となっているGaPエピタキシャルウェーハ3は、高輝度GaP系発光素子用として好適である。

【0019】

なお、GaPエピタキシャルウェーハ3の $\{01-1\}$ へき開面をRC液でエッチングすると、木の根状の結晶欠陥(Rooty fault)が観察される場合がある。Rooty faultは、成長層の凹凸によく一致しているうえ、基板との境界面に平行な方向に延びている。これに対し、本発明者が指摘する櫛歯状の結晶欠陥と、GaP単結晶基板とは交差する。したがって、両者が同時に発生していても、区別は可能である。

【0020】

櫛歯状の結晶欠陥の数が、許容範囲内に収まっていることを確認したら、n型GaPバッファ層11の上に、n型GaP層12、Nドーパ型GaP層13およびp型GaP層14を形成する。これらのエピタキシャル層は、図3に示すように、スライドポート法を採用した液相成長装置60により連続成長させることができる。

【0021】

液相成長装置60の炉心管23は、互いに隣り合う成長室22とドーパント源収容室21とを形成している。成長室22内には、石英製の基板ホルダ24と、同じく石英製の溶液ホルダ25とを含んで構成されたスライドポート26が配置されている。GaPエピタキシャルウェーハ3は、基板ホルダ24に形成された凹部に収容される。GaPエピタキシャルウェーハ3を収容した基板ホルダ24の上には、Ga溶液30を収容した溶液ホルダ25が配置される。Ga溶液30には、周囲の雰囲気よりドーパントが取り込まれる。

【0022】

また、ドーパント源収容室21内には、ポート28が配置されている。ポート28には、p型ドーパント源となるZnが収容されている。ドーパント源収容室21には、 H_2 およびArの少なくとも一方と、Nドーパ源としての NH_3 とを炉心管23内に供給するためのガス供給管31が接続されている。また、炉心管23の外周には、成長室22を加熱

するためのメインヒータ32と、ドーパント源収容室21を加熱するためのサブヒータ27が配置されている。

【0023】

まず、ZnおよびNH₃を供給せずに、n型GaP層12を形成する。Arガスを供給しながら、成長室22内の温度を上昇させたのち、溶液ホルダ25をスライドさせて、GaPエピタキシャルウェーハ3とGa溶液30とを接触させる。続いて、成長室22内をゆっくり降温しながら、n型GaP層12を成長させる。Ga溶液30には、溶液ホルダ25から溶出したSiが溶け込むので、n型GaP層12には、n型ドーパントとしてのSiがオートドーパされる。

【0024】

n型GaP層12の厚さが所期の値に到達したら、Arガスで希釈したNH₃ガスを成長室22内に導入する。Ga溶液30の周囲雰囲気におけるNH₃濃度は、得ようとするGaP発光素子の発光出力レベルと、ドミナント発光波長に応じて設定される。

【0025】

そして、Ar希釈NH₃ガスを炉心管23内に供給しながら、成長室22内をゆっくり降温し、Nドーパ型GaP層13を成長させる。Nドーパ型GaP層13は、Ga溶液30内でSiがNH₃と反応して消費されるためSiのドーパ量は低くなる。そのため、キャリアの注入効率は高い。Nドーパ型GaP層13の厚さが所期の値に到達したら、NH₃ガスの供給を停止する。

【0026】

次に、Znを収容したポート28が配置されたドーパント源収容室21内を、サブヒータ27により昇温してZnを気化させ、キャリアガスのArまたはH₂とともに成長室22に供給しながら、成長室22内をゆっくり降温する。これにより、Znドーパされたp型GaP層14がNドーパ型GaP層13上に形成される。

【0027】

そして、n型GaP単結晶基板10側にn電極、p型GaP層14側にp電極を各々形成してダイシング後、その半導体チップを支持体に固着し、さらにリード線をワイヤボンディングして樹脂封止することによりGaP発光体素子が得られる。

【実験例】

【0028】

本発明の効果を確かめるために以下の実験を行なった。

まず、LEC法により作製したGaP単結晶棒を切断して、複数のn型GaP単結晶基板10を得た。それらn型GaP単結晶基板10上に、前述した成長容器20内でn型GaPバッファ層11を液相エピタキシャル成長させて、複数のGaPエピタキシャルウェーハ3を得た。次に、スライドポート法を採用した液相成長装置60(図3参照)を使用して、各GaPエピタキシャルウェーハ3上にGaP層12, 13, 14を形成することにより、多層構造のGaP発光素子1を作製した。

【0029】

各GaP発光素子1について、輝度を測定したのち、{01-1}へき開面をRC液でエッチングし、光学顕微鏡にて観察した。そして、n型GaPバッファ層11に観察される櫛歯状の結晶欠陥の本数を計数した。この結果に基づいて、櫛歯状の結晶欠陥の本数(密度)と、輝度との相関を示すグラフを作成した(図6)。なお、図4は、櫛歯状の結晶欠陥の発生が少ない場合(16本/100μm)の顕微鏡写真であり、図5は、櫛歯状の結晶欠陥が多発している場合の顕微鏡写真である。

【0030】

図6のグラフから読み取れるように、櫛歯状の結晶欠陥が30本/100μm以下のGaPエピタキシャルウェーハを使用すると、発光素子の輝度(相対値)は、30本/100μmよりも多いGaPエピタキシャルウェーハを使用した場合の輝度から予想される値(図6の点線)よりも高い値を示した。

【図面の簡単な説明】

【0031】

【図1】 本発明にかかるGaP発光素子の断面模式図。

【図2】 n型GaPバッファ層の形成方法の説明図。

【図3】 p-n接合を含むGaP層の形成方法の説明図。

【図4】 本発明にかかる高輝度GaP発光素子の{01-1}へき開面の顕微鏡写真。

【図5】 低輝度GaP発光素子の{01-1}へき開面の顕微鏡写真。

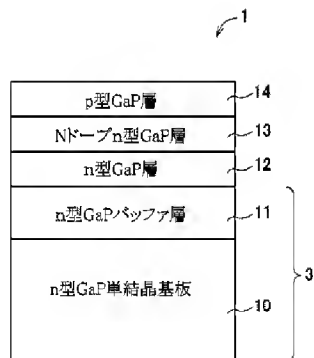
【図6】 櫛歯状の結晶欠陥の密度と、発光輝度との相関を示すグラフ。

【符号の説明】

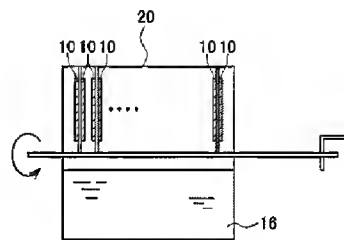
【0032】

- 1 GaP発光素子
- 3 GaPエピタキシャルウェーハ
- 10 n型GaP単結晶基板
- 11 n型GaPバッファ層（結晶性改善層）
- 12 n型GaP層
- 13 Nドーピングn型GaP層
- 14 p型GaP層

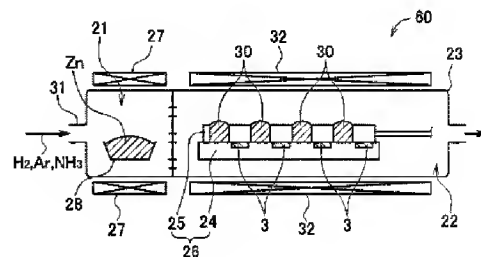
【図1】



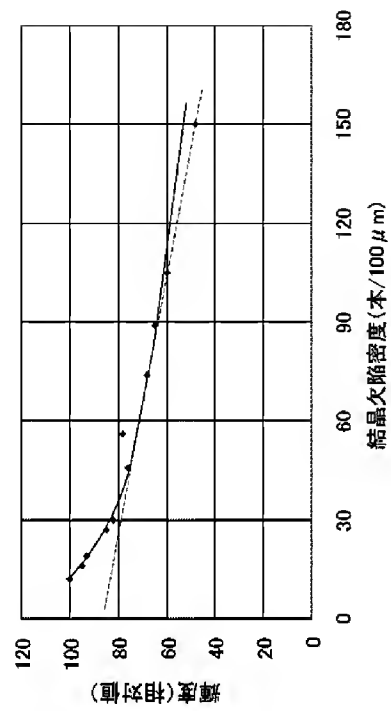
【図2】



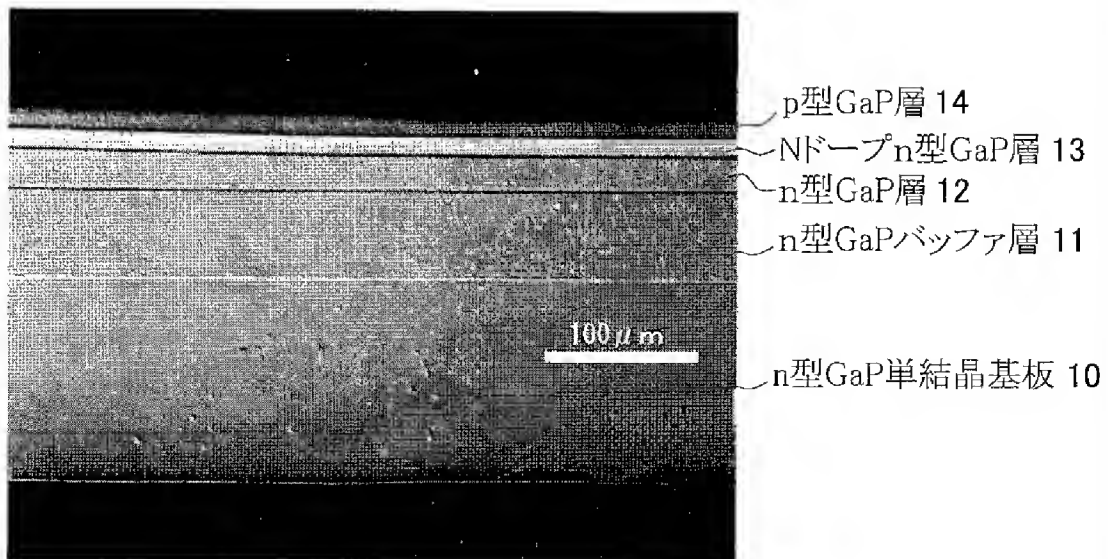
【図3】



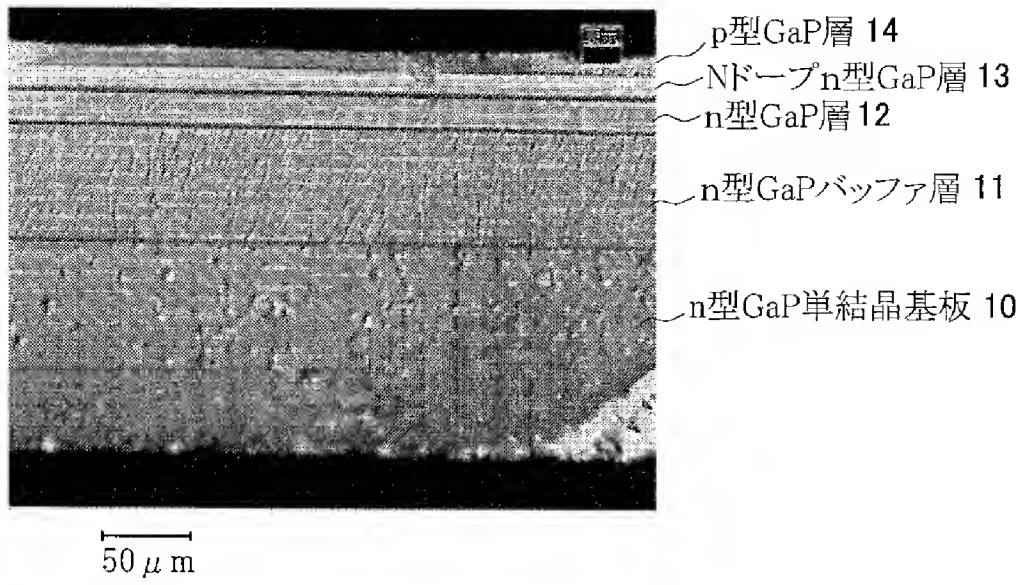
【図6】



【図4】



【図5】



F ターム(参考) 5F053 AA01 BB13 BB26 BB44 BB52 DD07 FF02 GG01 JJ01 JJ03
KK01 KK04 LL01 RR03